

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ В МЕТОДЕ 3D-ПЕЧАТИ

Иванов А.А.^{1*}, Селезнёв В.Д.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Региональный инжиниринговый центр, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: symection@gmail.com

MODELLING AND RESEARCH OF LASER MELTING IN 3D PRINTING TECHNOLOGY

Ivanov R.A.^{1*}, Seleznev V.D.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Regional Engineering Center, Yekaterinburg, Russia

The paper is devoted to computer modeling and analysis of experimental data of the selective laser melting process (SLM) – 3D printing technology in order to develop requirements functioning for SLM 3D printer.

В настоящее время одним из быстрорастущих направлений современной промышленности является аддитивные технологии (АТ) - послойное создание объёмных структур или 3D печать. Наибольший технологический интерес представляет изготовление конечных деталей из металлов. В основе этих методов лежит последовательная реализация сечений объёмных объектов, путём сканирования лазерным излучением (ЛИ, фокусировочное пятно $\approx 100\text{ мкм}$) тонких (20–100 мкм) слоёв металлического, мелкодисперсного, сферодизергованного порошка.

Производится изучение процесса селективного лазерного плавления (SLM) технологии 3D печати, посредством:

- получения экспериментальных данных процесса построения деталей в 3D принтере EOS M280
- реализации компьютерной модели.

Гранулометрический анализ расходного материала из сплава Al-Si-10Mg показал, что средний размер частиц порядка 20 мкм, а содержание частиц с размером менее 12 микрон составляет около 17 % и их оптический вклад при моделировании можно не учитывать.

Параметры обработки порошка алюминия следующие: толщина слоя насыпки 40 мкм, мощность лазерного излучения 400 Вт, скорость сканирования: $\approx 2390\text{ мм/с}$.

Тестирование образцов (согласно ГОСТ 1497 тип III) показало стабильность и однородность их химических и механических свойств. Из анализа внутренней структуры изделия по косому сечению следует, что частички порошка полностью расплавляются, образуя характерные треки сканирования, по геометрии

которых можно представить примерный объёмный образ параболической ванны расплава, а также восстановить поверхностную ширину треков: 160–200 мкм.

Средствами пакетов Digimat и Ansys проведён расчёт температурного поля, реализуемого в процессе 3D печати. Аппроксимация по времени производится путём разбиения на квазистационарные шаги [1]. Общее уравнение баланса энергии на каждом этапе можно записать в виде [2]:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{q}, \quad (1)$$

где ρ – плотность, C – удельная теплоемкость, k – теплопроводность, v – скорость, а \dot{q} представляет собой мощность источника тепла.

Модель облучения получена из совмещения цилиндрического и гауссового распределения энергии ЛИ [3].

$$\bar{q} = (1 - e^{-2}) \alpha \frac{P}{\pi R^2} = 0.864 \alpha \times q_{cyl}, \quad (2)$$

где P – мощность лазера, R – радиус пучка.

Результаты моделирования согласуются с экспериментом, а также дают следующую дополнительную информацию о процессе: *температурный градиент смещается в сторону сплошного материала*, проплавление порошка около 55 мкм, влияние стальной платформы построения нивелируется первым слоем порошка в 40 мкм.

1. Gusarov A.V., Phys. Rev. B., 77, 144-201 (2008).
2. Childs T. H., Proceedings from the Institute of Mechanical Engineers, 10, 339–357 (2005).
3. Crafer R. C. Laser processing in manufacturing / Crafer, R. C. and Oakley, P. J., Chapman & Hall 10, 195–200 (1993).

CHARACTERIZATION OF TiO_x BARRIER LAYERS IN ORGANIC SOLAR CELLS: XPS AND DFT STUDIES

Zhidkov I.S.¹, Kurmaev E.Z.^{1,2}, Korotin M.A.², Kukhareenko A.I.^{1*}, Achilleas S.³, Choulis S.A.³, Korotin D.M.^{1,2}, Cholak S.O.¹

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²) Institute of Metal Physics, Russian Academy of Sciences – Ural Division, Yekaterinburg, Russia

³) Cyprus University of Technology, 3603 Limassol, Cyprus

*E-mail: a.i.kukhareenko@urfu.ru

The results of XPS measurements (core levels and valence bands) of ITO/TiO_x thin films prepared from titanium butoxide (C₁₆H₃₆O₄Ti) diluted in isopropanol which are used in organic photovoltaics device (ITO/TiO_x/P3HT:PCBM/PEDOT:PSS/Ag) are presented. XPS Ti 2p and valence band spectra show the presence of additional